

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-095749

(43)Date of publication of application : 08.04.1997

(51)Int.Cl.

C22C 21/00
B23K 35/22
B23K 35/28
F28F 19/06
F28F 21/08

(21)Application number : 07-279811

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO LTD:THE

(22)Date of filing : 03.10.1995

(72)Inventor : TAKEUCHI HIROAKI
DOKOU TAKENOBU ~**(54) HEAT EXCHANGER MADE OF ALUMINUM ALLOY EXCELLENT IN FATIGUE STRENGTH AND CORROSION RESISTANCE****(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To produce an aluminum alloy brazing sheet remarkably improved in fatigue strength after brazing, excellent in corrosion resistance, furthermore free from fusing at the time of brazing, capable of miniaturizing and lightening, giving an industrially remarkably effect and used for a heat exchanger.

SOLUTION: In a heat exchanger obtd. by brazing using an aluminum alloy brazing sheet having a three layer structure in which one side of an aluminum alloy core material contg. at least Cu is clad with an aluminum alloy brazing filler metal, and the other side contains at least Zn and Mg, on the boundary part on the side of the core material near the boundary between the core material and sacrificial material of the brazing sheet, Al-Cu-Mg-Zn precipitates in which the longest size is regulated to 1 to 50nm are distributed by ≥ 150 pieces/ μm^3 . Thus, the heat exchanger made of aluminum alloy excellent in fatigue strength and corrosion resistance can be obtd.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3434102

[Date of registration] 30.05.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-95749

(43) 公開日 平成9年(1997)4月8日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 2 C 21/00			C 2 2 C 21/00	J
B 2 3 K 35/22	3 1 0		B 2 3 K 35/22	3 1 0 E
	3 1 0		35/28	3 1 0 B
F 2 8 F 19/06			F 2 8 F 19/06	A
				B

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-279811

(22) 出願日 平成7年(1995)10月3日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 竹内 宏明

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(72) 発明者 土公 武宜

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 箕浦 清

(54) 【発明の名称】 疲労強度、耐食性に優れたアルミニウム合金製熱交換器

(57) 【要約】

【課題】 従来に比べろう付後の疲労強度が大幅に向上し、耐食性に優れかつろう付時に溶融がなく、小型、軽量化が可能であり、工業上顕著な効果を奏する熱交換器に用いるアルミニウム合金ブレーシングシートを提供する。

【解決手段】 少なくともCuを含有するアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金ろう材をクラッドし、他の片面に少なくともZnとMgを含有するアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造のアルミニウム合金ブレーシングシートを用いてろう付けにより得られた熱交換器において、該熱交換器を構成した該ブレーシングシートの該芯材と該犠牲材の界面近傍の芯材側界面部で最長径が1~50nmのAl-Cu-Mg-Zn系析出物が150個/μm³以上分布していることを特徴とする疲労強度、耐食性に優れたアルミニウム合金製熱交換器。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともCuを含有するアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金ろう材をクラッドし、他の片面に少なくともZnとMgを含有するアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造のアルミニウム合金ブレイジングシートを用いてろう付けにより得られた熱交換器において、該熱交換器を構成した該ブレイジングシートの該芯材と該犠牲材の界面近傍の芯材側界面部で最長径が1〜50nmのAl-Cu-Mg-Zn系析出物が150個/μm²以上分布していることを特徴とする疲労強度、耐食性に優れたアルミニウム合金製熱交換器。

【請求項2】 アルミニウム合金ブレイジングシートが、Si: 0.2〜1.5wt%、Cu: 0.4〜2.5wt%、Mn: 0.5〜2.0wt%を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金からなるろう材をクラッドし、他の片面にZn: 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造である請求項1記載のアルミニウム合金製熱交換器。

【請求項3】 アルミニウム合金ブレイジングシートが、Si: 0.2〜1.5wt%、Cu: 0.4〜2.5wt%、Mn: 0.5〜2.0wt%を含有し、さらにMg: 0.03〜0.5wt%、Cr: 0.03〜0.3wt%、Zr: 0.03〜0.3wt%、Ti: 0.03〜0.3wt%のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金からなるろう材をクラッドし、他の片面にZn: 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造である請求項1記載のアルミニウム合金製熱交換器。

【請求項4】 アルミニウム合金ブレイジングシートが、Si: 0.2〜1.5wt%、Cu: 0.4〜2.5wt%、Mn: 0.5〜2.0wt%を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金からなるろう材をクラッドし、他の片面にZn: 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、さらにIn: 0.002〜0.3wt%、Sn: 0.002〜0.3wt%、Mn: 1.6wt%以下のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造である請求項1記載のアルミニウム合金製熱交換器。

【請求項5】 アルミニウム合金ブレイジングシートが、Si: 0.2〜1.5wt%、Cu: 0.4〜2.5wt%、Mn: 0.5〜2.0wt%を含有し、さらにMg: 0.03〜0.5wt%、Cr: 0.03〜0.3wt%、Zr: 0.03〜0.3wt%、Ti: 0.03〜0.3wt%のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアル

ミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金からなるろう材をクラッドし、他の片面にZn: 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、さらにIn: 0.002〜0.3wt%、Sn: 0.002〜0.3wt%、Mn: 1.6wt%以下のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造である請求項1記載のアルミニウム合金製熱交換器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、アルミニウム合金ブレイジングシートを用いた自動車用熱交換器に関するものであり、さらに詳しくは、本発明で規定したブレイジングシートは電縫加工等によりチューブ材としたり、そのままヘッダー材として熱交換器に使用され、ろう付後の疲労強度が強く、熱交換器としての外部および内部耐食性に優れ、さらに熱交性能に優れたアルミニウム合金製熱交換器に関するものである。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】 ラジエーター等の熱交換器は例えば図1に示すように複数本の偏平チューブ(1)の間にコルゲート状に加工した薄肉フィン(2)を一体に形成し、該偏平チューブ(1)の両端はヘッダー(3)とタンク(4)とで構成される空間にそれぞれ開口しており、一方のタンク側の空間から偏平チューブ(1)内を通して高温冷媒を他方のタンク(4)側の空間に送り、チューブ(1)およびフィン(2)の部分で熱交換して低温になった冷媒を再び循環させるものである。

【0003】 このような熱交換器のチューブ材およびヘッダー材は例えばJIS3003合金(Al-0.15wt% Cu-1.1wt%Mn)を芯材とし、該芯材の内側、すなわち冷媒に常時触れている側には内張材としてJIS7072合金(Al-1wt% Zn)を、そして、該芯材の外側には、通常JIS4045合金(Al-10wt% Si)等のろう材をクラッドしたブレイジングシートを用い、コルゲート加工を行ったフィン等の他の部材とともにブレイジングにより一体に組み立てられている。ブレイジング工法としては、フラックスブレイジング法、非腐食性のフラックスを用いたノコロックブレイジング法等が行われ、600℃付近の温度に加熱してろう付けされる。

【0004】 ところで、近年、熱交換器は軽量・小型化の方向にあり、そのために材料の薄肉化が望まれている。しかし、従来の方法で薄肉化を行った場合、多くの問題点が生じる。まず、チューブ疲労強度の低下による熱交換器コアの破壊、チューブ内側の耐食性が著しく低下するなどの問題である。

【0005】 従来技術では、チューブの強度アップには芯材のSi、Cu添加による固溶強化が有効であった

10

20

30

40

50

が、多量添加による低融点組成ではろう付時に熔融を引き起こす恐れがあり、熔融しない範囲でのSi、Cu添加による固溶強化だけでは板厚0.2mmの極薄肉で高強度化を図るには限界があった。そこで、本発明者らは犠牲材にMg、Znを添加しろう付加熱後にAl-Mg-Zn系化合物を時効析出させ、時効硬化による強度アップを図った。しかし、チューブ板厚0.25mmまではこの従来技術で十分であったが、板厚0.25mm以下、特に0.2mmの薄肉になると、この技術では限界があった。また、ろう付時の冷却速度を従来よりも速くさせ、固溶量を増大させてろう付後の時効析出の増加を試みたが、目標強度を維持することは不可能であった。

【0006】すなわち、このような従来技術による板厚0.2mmのチューブからなる熱交換器では、実車走行のシミュレート試験において、冷却→加熱による繰り返し応力、および振動による応力を受けていった場合、疲労強度が次第に低下し、結果としてチューブ管が破裂し、熱交換器としての機能を失うという問題が出てくるのである。また、芯材にMgを添加し、芯材のSiとの間で形成されたMg₂Si化合物による強度向上法が考えられるが、芯材Mg量が0.7%を越えとろう付時にろう材側への拡散量が多くなり、フィンととろう付ができなくなるなどの問題が生じてくる。

【0007】次に、強度アップのために芯材にSi、Cu等の電位を貴にする元素の添加量が増え、とろう付加熱により芯材から犠牲材へのSi、Cu拡散がより進行することから、従来の犠牲材へのZn添加量では芯材と犠牲材との電位差が十分に確保できず、よって十分な犠牲防食効果が維持できなくなり、耐孔食性が低下し、チューブ管が貫通する恐れが出てくる。この場合、熱交換器としての機能が全く働かなくなるのである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明はこのような状況に鑑み鋭意検討の結果、とろう付後の疲労強度、耐食性に優れるアルミニウム合金ブレージングシートを用いた、小型、軽量化、熱効率の向上が可能な熱交換器を開発したものである。本発明の熱交換器に用いるアルミニウム合金ブレージングシートは図2に示すような3層構造を有する。すなわち、高強度アルミニウム合金を芯材(5)とし、この芯材の片面にろう材(6)、他の片面に犠牲材(7)を有する。熱交換器に組み立てる際にはろう材を外側に、犠牲材を冷媒通路構成側に使用するのである。

【0009】そして本発明ではこのようなブレージングシートの疲労強度を向上させるために、該ブレージングシートのどの部分について最も強度を向上させればよいかについて種々検討し、本発明に係るブレージングシートからなるチューブ材と、従来より用いられているフィン材とを組合せてろう付けにより熱交換器とした場合に、上記ブレージングシートの芯材と犠牲材との界面近

傍の芯材側界面部においてAl-Cu-Mg-Zn系析出物が本発明で規定した分布をとると、該チューブ材、ひいては該熱交換器が上記のように疲労強度と耐食性に優れるという効果を発揮することを知見した。すなわち、本発明者らは芯材側界面部においてマトリックス中に析出した最長径で1~50nm径の非常に微細なAl-Cu-Mg-Zn系化合物による時効硬化が材料の疲労強度に大きく影響していることを見出したのである。

【0010】このような析出物の分布状態をとるためには、とろう付加熱後の人工時効処理が最適である。但し、本発明におけるブレージングシートの芯材および犠牲材組成のもとで、最長径1~50nm径のAl-Cu-Mg-Zn系析出物が150個/ μm^2 以上分布するためには、時効処理条件の選択が重要なポイントである。すなわち、本発明者らの調査によれば時効処理により本発明で規定した芯材中のCuと犠牲材中のMgおよびZnとのとろう付加熱後の元素拡散状況は図3ようになる。そして図中犠牲材と芯材との界面から芯材内へ30 μm の深さ部分がAl-Cu-Mg-Zn系析出物による時効硬化が最も寄与する領域であり、且つ本発明により熱交換器の疲労強度を大幅に向上させることが可能な芯材部分であることが判明した。

【0011】そこで本発明者らは、さらに鋭意検討を行った結果、とろう付加熱後の人工時効処理を大気中あるいは窒素雰囲気中等で80~180°Cの温度範囲で少なくとも5時間以上行うことにより、チューブの疲労強度向上の効果が出ることを見出したのである。特に、90~140°Cで24時間以上行った場合には、Al-Cu-Mg-Zn系化合物の時効析出が芯材と犠牲材の界面近傍の芯材側界面部において顕著に引き起こされ、チューブ、ひいては熱交換器の疲労強度が大幅に向上することを見出したのである。

【0012】この芯材側界面部とは界面からチューブ厚さ方向の芯材側に深さ約30 μm 付近までの領域をいうが、この部分において、本発明で規定した最長径1~50nm径のAl-Cu-Mg-Zn系析出物が150個/ μm^2 以上分布することにより、板厚0.2mmのような薄肉チューブを用いても、従来技術で行われた芯材のSi、Cuによる固溶強化、あるいはとろう付後の室温放置による自然時効では想像できないような、疲労強度が飛躍的に向上する熱交換器を提供し得ることを本発明者らは新たに見出したものである。

【0013】また、上記人工時効処理の前段階として、とろう付加熱後の冷却速度を従来の40~60°C/min.より大きい80°C/min.以上で行えば、本発明で規定したAl-Cu-Mg-Zn系析出物の分布状態を得るのにより好ましい。さらに望ましくはとろう付後の冷却過程での400~200°Cの温度範囲における冷却速度を100°C/min.以上で行えば、Al-Cu-Mg-Zn系析出物の数密度が一層増加し、熱交換器の疲労強度がさらに向上するの

である。

【0014】本発明は上記の知見にもとづいて開発されたアルミニウム合金製熱交換器であって、少なくともCuを含有するアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金ろう材をクラッドし、他の片面に少なくともZnとMgを含有するアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造のアルミニウム合金ブレージングシートを用いてろう付けにより得られた熱交換器において、該熱交換器を構成した該ブレージングシートの該芯材と該犠牲材の界面近傍の芯材側界面部で最長径が1〜50nmのAl-Cu-Mg-Zn系析出物が150個/ μm^3 以上分布していることを特徴とするものである。

【0015】そして上記アルミニウム合金ブレージングシートとして、Si: 0.2〜1.5wt%、Cu: 0.4〜2.5wt%、Mn: 0.5〜2.0wt%を含有し、またはさらにMg: 0.03〜0.5wt%、Cr: 0.03〜0.3wt%、Zr: 0.03〜0.3wt%、Ti: 0.03〜0.3wt%のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金芯材の片面にアルミニウム合金からなるろう材をクラッドし、他の片面にZn: 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、またはさらにIn: 0.002〜0.3wt%、Sn: 0.002〜0.3wt%、Mn: 1.6wt%以下のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金犠牲材をクラッドした3層構造のアルミニウム合金ブレージングシートを用いるのは有効である。

【0016】先ず芯材合金の各添加元素の役割を以下に述べる。Cuは固溶状態にて合金中に存在し、強度を向上させる。Cuが0.4wt%未満の場合強度向上効果が十分でない。耐食性を考えると、Cu量上限は2.5wt%以下が望ましい。したがって、Cuは0.4〜2.5wt%とするが、特に1.0〜1.5wt%で安定した特性を示す。

【0017】Siは、強度向上に寄与する。Siが0.2wt%未満の場合、強度向上効果が十分でなく、1.5wt%を越えると芯材中に粗大な化合物を形成し、犠牲層を越えて腐食が進む場合に耐食性を低下させる。即ち、高強度化のために、芯材にSiを多量添加すると冷媒通路構成部材の耐食性は急激に低下する。したがって、Siは0.2〜1.5wt%とするが、特に0.5〜1.0wt%付近で安定した特性を示す。

【0018】Mnは、金属間化合物を合金中に分布させ、耐食性を低下させることなく強度を向上させるための元素である。その量が0.5wt%未満では強度向上が十分でなく、2.0wt%を越えて添加した場合成形性が低下し、熱交換器への組付け等の加工時にブレージングシートが割れてしまう。特に1.0〜1.5wt%において安定した特性を示す。

【0019】Mgは合金中に固溶状態およびMg、Siの微細な析出相として存在し、強度を向上させる。0.03

wt%未満では強度向上の効果がなく、0.5wt%を越えて添加すると非腐食性のフラックスを用いたろう付けをする場合にフラックスとMgが反応しろう付けができなくなる。

【0020】Cr、Zr、Tiはいずれも微細な金属間化合物を形成し合金の強度を向上させる働きを有する。しかし、それぞれ0.03wt%未満では強度向上の効果がなく、それぞれ0.3wt%を越えて添加した場合成形性が低下し、熱交換器への組付け等の加工時にブレージングシートが割れてしまう。

【0021】以上が本発明の芯材合金の成分であるが、不可避的不純物としての代表的な元素として、Feがある。Feは1.2wt%以下であれば、含有されていてもかまわない。また、鑄塊組織の微細化のために添加されるB等、上記以外の元素はそれぞれ0.05wt%以下であれば含有されていてもかまわない。

【0022】次にろう材合金について説明する。本発明ではろう材をアルミニウム合金とし、組成までは規定していない。したがって、従来のAl-Si系合金ろう材を使用すれば十分である。但し、芯材中のSi、Cu量が増加した場合にろう付加熱により合金が溶融してしまうおそれのあることを考慮して、本発明者らが従来より開発し、特開平7-97651号公報で開示した、低温(570〜585°Cで使用可能)用ろう合金、すなわちAl-Si-Cu-Zn系合金、例えばAl-10wt%Si-1.8wt%Cu-4.0wt%Zn合金ろう材を使用しても構わない。また、不可避的不純物として、Feは1.0wt%以下であれば含有可能である。しかし、Feはろうが凝固する時に金属間化合物を形成し、これが腐食の起点となる。そのため、Fe量は0.5wt%以下が望ましい。Fe以外の不可避的不純物として、他の元素もそれぞれ0.05wt%以下であれば含有してもよい。

【0023】次に犠牲材合金の各添加元素の役割を述べる。本発明のような犠牲材合金と高Cu添加芯材合金とを組み合わせた場合、芯材合金中に添加されているCuがろう付時に犠牲層に拡散し、犠牲層の犠牲効果が打ち消されてしまう。そのため犠牲材中のZnを増やすことが考えられる。すなわち、本発明の犠牲材合金はZnとMgを必須に含むもので、具体的には、Zn 1.0〜6.0wt%、Mg: 0.5〜3.5wt%を含有し、またはさらにIn: 0.002〜0.3wt%、Sn: 0.002〜0.3wt%、Mn: 1.6wt%以下のうち1種または2種以上を含有し、残部アルミニウムと不可避的不純物とからなるアルミニウム合金である。

【0024】Znの添加は犠牲効果を合金に与える。さらにろう付時に芯材に拡散し、ろう付後、室温放置中あるいは上記の人工時効処理により、芯材と犠牲材の界面近傍の芯材側界面部において最長径で1〜50nm径のAl-Cu-Mg-Zn系析出物を形成させる効果がある。上記の芯材中のSi、Cuの含有量では犠牲材中のZn

量が 1.0wt%未満のときは効果が十分でなく、その量が 6.0wt%を越えると融点が低下し溶融してしまう。望ましくは 4.0~5.0wt%の添加でより優れた効果を発揮するのである。

【0025】Mgの添加は犠牲材合金を高強度化するとともに、ろう付時に芯材へ拡散して、Al-Cu-Mg-Zn系の時効析出を伴い、チューブ自身、および熱交換器全体の疲労強度を向上させる。その量が 0.5wt%未満では、強度を十分に向上させるだけのAl-Cu-Mg-Zn系の時効析出が起らない。3.5wt%を越える

と融点が低下し溶融してしまう。
【0026】Mnの添加は合金の強度向上に効果があるが、その含有量が 1.6wt%を越えると材料製造時の圧延加工性が劣り、バリ等の発生も高くなるので、Mn ≤ 1.6wt%と規定した。さらに望ましいMnの添加量は 0.5~1.3wt%の範囲が良好である。

【0027】In、Snの添加も犠牲効果を合金に与える。その量がそれぞれ 0.002wt%未満では効果が十分でなく、その量がそれぞれ 0.3wt%を越えると合金の圧延加工性が低下し、3層材のブレーシングシートに用いる犠牲材としては適さなくなる。

【0028】本発明の犠牲材合金元素は以上の通りであるが、不可避の不純物として、Siは 0.5wt%以下であれば含有可能であるが、0.1wt%以下が望ましい。Feは0.8wt%以下であれば含有可能であり、0.1wt%以下が望ましい。また強度向上のためのCr、Zr、Ti等の上記以外の元素もそれぞれ0.05wt%以下であれば不純物元素として含有してもかまわない。

【0029】本発明でいうブレーシングシートとは、以上のような合金組成の3層材であり、例えば板厚 0.2mmの場合、ろう材、犠牲材ともその厚さは通常20~30μm程度である。しかしその被覆率は使われる部材の板厚によって異なり、この値に限定するものでない。

【0030】また、本発明でのろう付け法はフラックスブレーシング法、非腐食性のフラックスを用いたノクロックブレーシング法等であればよい。ろう付け前の組み立て、洗浄、場合によってフラックス塗布等は従来通り行えばよい。この場合フラックスは、例えばセシウム系のフラックスを用いれば、Al-Si-Cu-Zn系ろう材の使用も可能である。

【0031】

【実施例】以下に実施例により本発明を具体的に説明する。

【0032】表1に示す組成の芯材と、表2に示す組成のろう材及び犠牲材との組み合わせからなるアルミニウム合金チューブ材用の板厚0.20mmの3層ブレーシングシート板材を通常の方法により製造した。ろう材のクラッド率は10%、犠牲材のクラッド率は15%である。また、犠牲材中には不純物元素として、Fe、Siがそれぞれ0.01~0.2wt%の範囲内で含まれている。これらチューブ

用板材と板厚0.08mmのコルゲート状に加工したベアフィン材(JIS3003+1.5wt%Zn)、およびヘッダープレート、サイドプレート、樹脂タンクを用いて熱交換器を組み立て、フラックスを塗布して表3の条件でN₂ガス中でろう付加熱、およびその後人工時効処理を行い、図1に示すラジエーター熱交換器のコアNo.1~No.24を作製した。詳しくは、チューブ材は、表1、2に示す板厚 0.2mmのコイル状板材を通常の方法により製造し、コイル状板材は電縫管のサイズに合わせスリッターして条材にした。この条材を電縫管製造装置を用い、幅 16.0mm、厚さ 1.8mmの通液管用の電縫管に加工した。また、同一の構成の板厚 1.0mmのコイル状板材をスリッターしてヘッダー用の条材とした。そして組み立てられたラジエーターは、フッ化カリウム系フラックスにセシウム系フラックスを3%混合した5%濃度液を塗布し、N₂ガス中で表3の条件で加熱を行い、ろう付けした。

【0033】得られた熱交換器コアNo.1~No.24において、それぞれのチューブ材について芯材と犠牲材の界面からクラッド材の厚さ方向に30μm以内の距離に相当する芯材部分を機械的研磨法により抽出し、HNO₃メチル溶液にて電解エッチング法により微小穴(針穴)を開け、透過電子顕微鏡によりその穴近傍での芯材部分を組織観察した。そして最長径1~50nm径のAl-Cu-Mg-Zn系析出物を観察し、干渉縞により観察視野の試料厚さを求め、単位体積(μm³)当たりの本析出物の数密度を画像処理を用いて測定した。これらの結果を表3に示す。

【0034】またこれら熱交換器の耐久性を繰り返し耐圧疲労試験で評価した。試験条件については、それぞれの熱交換器コアに冷媒を供給し、その供給圧力を最大加圧2.4kgf/cm²と0kgf/cm²の間で5Hzの周期で繰り返し加圧を行い、チューブが破断するまでの繰り返し回数で耐久性を評価した。繰り返し回数が2.5万回を越えれば耐久性が合格とした。その結果を表4に示す。

【0035】次にチューブ内側耐食性試験として、Cu⁺⁺イオンを10ppm添加した水道水をコア内部で循環させ、80℃×8時間と室温×16時間の循環サイクル腐食試験を3カ月間行った。犠牲材表面に発生したビット深さを光学顕微鏡による焦点深度法によって求めた。また、チューブ外側耐食性試験として、5%NaCl液を用いたCCT試験を行った。サイクル条件は、噴霧：35℃×4hr(98%RH)→乾燥：60℃×2hr(30%RH)→湿润：50℃×2hr(95%RH)を1サイクルとし、150サイクルまで試験した。ろう材表面に発生したビット深さを光学顕微鏡による焦点深度法によって求めた。これらの結果を表4に示した。

【0036】ろう付性についてはチューブとフィンとの接合率を測定し、90%以上であれば合格と評価した。ろう付加熱時の溶融については、加熱後、目視で観察し、その有無を評価した。これらの結果を表4に示した。

【0037】

* * 【表1】

フル ファン シート	芯材合金成分 (wt%)								
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zr	Ti	Al
1	0.3	0.3	0.5	1.4	—	—	—	—	残部
2	0.3	0.3	0.8	1.4	—	—	—	0.10	残部
3	0.3	0.3	1.2	1.4	—	—	—	0.15	残部
4	0.3	0.3	1.8	1.4	—	—	—	0.18	残部
5	0.7	0.3	0.5	1.2	—	—	—	—	残部
6	0.7	0.3	0.8	1.2	—	—	—	0.15	残部
7	0.7	0.3	1.2	1.2	—	—	—	0.15	残部
8	0.7	0.3	1.8	1.2	—	—	—	0.17	残部
9	1.3	0.3	0.5	1.0	—	—	—	—	残部
10	1.3	0.3	0.8	1.0	—	—	—	0.15	残部
11	1.3	0.3	1.2	1.0	—	—	—	0.15	残部
12	1.3	0.3	1.8	1.0	—	—	—	0.18	残部
13	0.7	0.3	0.8	1.2	0.15	0.1	0.1	—	残部
14	0.7	0.3	0.8	1.2	—	—	—	—	残部
15	0.7	0.3	0.8	1.2	0.15	0.1	0.1	0.12	残部

【0038】

※ ※ 【表2】

フル ファン シート	ろう材合金成分 (wt%)					犠牲材合金成分 (wt%)					
	Si	Fe	Cu	Zn	Al	Mg	Zn	In	Sn	Mn	Al
1	JIS 4045				残部	2.8	3.5	—	—	—	残部
2	JIS 4045				残部	2.2	4.0	—	—	—	残部
3	JIS 4045				残部	2.2	4.5	—	—	—	残部
4	JIS 4045				残部	1.5	5.0	—	—	—	残部
5	JIS 4045				残部	2.2	3.5	—	—	—	残部
6	JIS 4045				残部	2.2	4.0	—	—	—	残部
7	11.5	0.5	—	—	残部	2.2	4.5	—	—	—	残部
8	11.0	0.2	1.5	3.5	残部	1.0	5.0	—	—	—	残部
9	JIS 4045				残部	2.2	3.5	—	—	—	残部
10	11.0	0.5	2.0	4.0	残部	2.2	4.0	—	—	—	残部
11	10.0	0.3	2.5	4.5	残部	2.2	4.5	—	—	—	残部
12	11.0	0.2	3.0	5.0	残部	0.8	5.0	—	—	—	残部
13	JIS 4045				残部	2.2	4.0	—	—	0.6	残部
14	JIS 4045				残部	2.5	3.5	0.03	0.02	—	残部
15	JIS 4045				残部	2.0	3.0	0.03	0.02	1.2	残部

【0039】

【表3】

	熱交換器 コア No.	ブレイ シング シート No.	ろう付条件		ろう付加熱後の 時効処理条件	Al-Cu- Mg-Zn系 析出物数密度 (個/ μm^2)
			加熱保持 温度 (°C)	冷却速度 (°C/min.)		
本 発 明 例	1	1	605	60	120°C×20hr	184
	2	2	605	100	90°C×50hr	200
	3	3	600	90	90°C×150hr	285
	4	4	595	50	100°C×20hr	171
	5	5	600	70	120°C×40hr	186
	6	6	600	120	140°C×80hr	250
	7	7	595	100	120°C×60hr	200
	8	8	580	80	100°C×50hr	170
	9	9	600	60	120°C×30hr	175
	10	10	580	120	130°C×60hr	220
	11	11	575	150	120°C×60hr	236
	12	12	570	80	90°C×120hr	202
	13	13	600	120	140°C×70hr	250
	14	14	600	100	130°C×50hr	200
	15	15	600	50	90°C×15hr	165
比 較 例	16	1	605	40	なし	50
	17	3	600	50	250°C×50hr	30
	18	5	600	60	なし	76
	19	6	600	80	270°C×80hr	25
	20	7	595	30	なし	50
	21	10	580	80	300°C×25hr	20
	22	11	575	90	なし	85
従 来 例	23	3	600	60	なし	60
	24	6	600	50	なし	50

【0040】

【表4】

	熱交換器 コア No.	ブレー ジング シート No.	チューブ内側 耐食性試験 最大孔食深さ (μm)	チューブ外側 耐食性試験 最大孔食深さ (μm)	ろう付性 接合率 (%)	ろう付 加熱時 の溶融	熱交換器の耐 久性：チュー ブ破断までの 繰返し回数
本 発 明 例	1	1	40	60	90%以上	無し	4.0万回
	2	2	50	50	90%以上	無し	4.2万回
	3	3	60	50	90%以上	無し	4.3万回
	4	4	60	60	90%以上	無し	3.7万回
	5	5	40	60	90%以上	無し	4.0万回
	6	6	50	50	90%以上	無し	4.5万回
	7	7	60	50	90%以上	無し	4.2万回
	8	8	60	60	90%以上	無し	3.7万回
	9	9	40	60	90%以上	無し	3.7万回
	10	10	50	50	90%以上	無し	4.2万回
	11	11	60	50	90%以上	無し	4.2万回
	12	12	50	60	90%以上	無し	4.0万回
	13	13	50	50	90%以上	無し	4.5万回
	14	14	40	50	90%以上	無し	4.2万回
	15	15	40	50	90%以上	無し	3.5万回
比 較 例	16	1	40	60	90%以上	無し	1.4万回
	17	3	60	60	90%以上	無し	0.9万回
	18	5	40	60	90%以上	無し	1.5万回
	19	6	50	50	90%以上	無し	0.8万回
	20	7	60	60	90%以上	無し	1.5万回
	21	10	50	50	90%以上	無し	0.8万回
	22	11	60	60	90%以上	無し	1.7万回
従 来 例	23	3	60	60	90%以上	無し	1.5万回
	24	6	50	50	90%以上	無し	1.5万回

【0041】以上の結果から、比較例No.17、19、21の熱交換器コアは、本発明の熱交換器コアに比べろう付加熱後の時効処理温度が高いため、Al-Cu-Mg-Zn系化合物は析出するが、本発明で規定した1～50nmのような微細析出物（準安定相）は非常に少なく（本発明で規定した数密度よりもはるかに少なく）、0.2 μm 以上の粗大な化合物が安定相として析出してしまうため、いわゆる過時効現象を起こし、実際の熱交換器の耐久性試験では、疲労強度が大幅に低下し早期に破断してしまうのである。比較例No.16、18、20の熱交換器コアは、従来例と同様、ろう付加熱後の人工時効処理を行っていないため、本発明のような疲労強度の飛躍的向上が見られない。また、比較例No.22のコアは、ろう付加熱後の冷却を従来例よりも速い冷却速度で行っているため、従来例No.23、24のコアよりも耐久性は若干向上(1.5万回→1.7万回)しているが、ろう付後の人工時効処理を施していないため、目標の繰返し回数 2.5万回を確保することができず、本発明例よりも耐久性が劣る結果となっている。

【0042】以上の評価結果から、本発明熱交換器は、耐食性を従来と同等レベルに確保し、耐久性について

は、従来に比べて飛躍的に向上するのである。したがって、自動車用熱交換器として使用するにあたっては、何ら問題はないのである。しかも上記実施例において得られた本発明の熱交換器はフィンの潰れが生じることなく製造されており、製造されたラジエーターは熱効率に優れている。

【0043】

【発明の効果】以上のように本発明に係るアルミニウム合金ブレージングシートを用いた本発明の熱交換器は、従来に比べろう付後の疲労強度が大幅に向上し、耐食性に優れかつろう付時に溶融がなく、小型、軽量化が可能であり、工業上顕著な効果を奏するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】ラジエーターを示す一部断面の斜視図である。

【図2】本発明に係るブレージングシートの構造を示す断面図である。

【図3】本発明におけるブレージングシートの元素の拡散状況を示す説明図である。

【符号の説明】

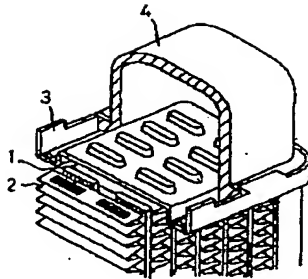
- 1 扁平チューブ
- 2 フィン

- 3 ヘッダー
4 タンク
5 芯材

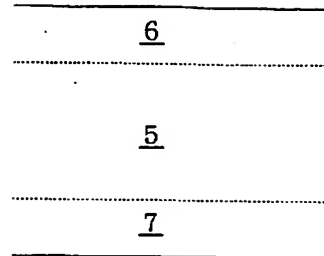
- * 6 ろう材
7 犠牲材

*

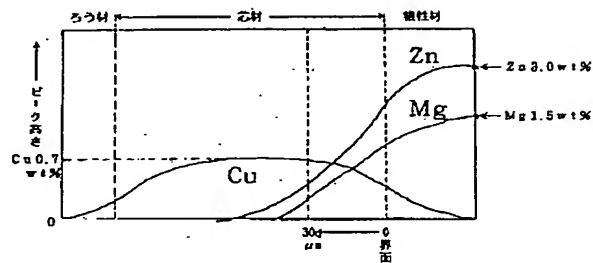
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

F 2 8 F 21/08

識別記号

片内整理番号

F I

F 2 8 F 21/08

技術表示箇所

B